

METHOD FOR PRODUCTION OF HIGH-TEMPERATURE CONDUCTORS**Publication number:** RU2122759**Publication date:** 1998-11-27**Inventor:** SHIKOV A K; AKIMOV I I; POPOV F V; FILICHEV D A;
DOKMAN O V**Applicant:** MATERIALOV IM AKAD A A BOCHVAR; AUCHNO I
SKIJ I NEORGANICHESKI; G NAUCHNYJ TS RF
VSEROSSIJSKIJ**Classification:****- international:** **H01B12/00; H01B13/24; H01B12/00; H01B13/22;**
(IPC1-7): H01B12/00; H01B13/24**- European:****Application number:** RU19970111116 19970707**Priority number(s):** RU19970111116 19970707**Report a data error here****Abstract of RU2122759**

FIELD: electrical engineering, in particular, methods for production of long-length metal-ceramics composite single or multiple conductors for electric equipment. **SUBSTANCE:** method involves deformation of metal-ceramics composite article and high-temperature processing in several stages with intermediate deformations between high-temperature processing stages which are performed on long-length conductors by means of bowl rolling using rollers which are made from flexible material, for example, polyurethane. Rollers are mounted to achieve ratio of contact region of conductor jacket and rollers surface which is parallel to rolling plane of conductors of different shape within range of 25-85, in particular, 45-50 for flat conductors; 30-80 for round conductors. Contact area of conductor jacket and surface of rollers is increased due to extended length of this region parallel to rolling plane up to 2-22 mm. **EFFECT:** possibility to make single and multiple conductors of various shapes with decreased by 20% losses with respect to intermediate pressing method; possibility to keep shape of conductor section during intermediate rolling stages, decreased level of half width of texture maximum down to 6 degrees. 5 cl, 4 dwg, 1 tblv

.....
Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 122 759⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁶ H 01 B 12/00, 13/24

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 97111116/09, 07.07.1997

(46) Дата публикации: 27.11.1998

(56) Ссылки: P.Kialder.L.Motowidlo.Processing Higt Critical Current Density Bi-2223 Wires and Tapes. The Journal of The Minerals Metals & Materials Society, Vol.44, No 10, Oktober 1992, p.54-58. RU 2031463 C1, 20.03.95. RU 2048689 C1, 20.11.95. US 4994633 A, 19.02.91. US 5017553 A, 21.05.91. Сухаревский Б.Я., Жихарев И.В., Величко И.П. и др. Рентгеновские исследования кинетики синтеза Bi-2223. Сверхпроводимость: физика, химия, техника. Том 7, N 7, 1994, с.1298-1305. Суворов И.К. Обработка металлов давлением. - М.: Высшая школа, изд. 3, 1980, с.368. Целихов А.И., Гришков А.И. Теория прокатки. - М.: Металлургия, 1970, с.358.

(71) Заявитель:

Государственный научный центр РФ
Всероссийский научно-исследовательский
институт неорганических материалов
им.акад.А.А.Бочвара

(72) Изобретатель: Шиков А.К.,

Акимов И.И., Попов Ф.В., Филичев Д.А., Докман
О.В.

(73) Патентообладатель:

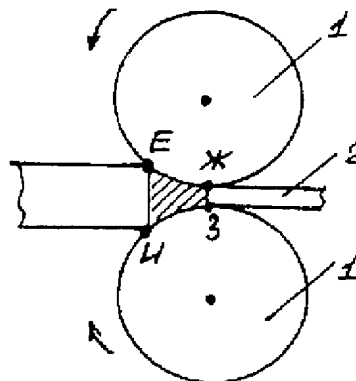
Государственный научный центр РФ
Всероссийский научно-исследовательский
институт неорганических материалов
им.акад.А.А.Бочвара

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОВОДНИКОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и технической сверхпроводимости, в частности к технологии получения длинномерных металлокерамических композиционных одножильных и многожильных проводников на основе высокотемпературных сверхпроводящих соединений, предназначенных для создания электротехнических изделий. Сущность изобретения состоит в следующем. Способ включает деформацию металлокерамической композиционной заготовки и высокотемпературную термообработку в несколько стадий с промежуточными деформациями между стадиями высокотемпературной термообработки, которые на длинномерных проводниках проводят прокаткой в валках, выполненных из упругого материала, например полиуретана, при этом валки устанавливают так, чтобы отношение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, к площади поперечного сечения проводников различной формы составляло 25 - 85, в частности для плоских проводников - 45 - 50, для круглых - 30 - 80. Необходимое увеличение площади контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков происходит за счет увеличения протяженности части этой зоны,

параллельной плоскости прокатки, до 2 - 22 мм. Предлагаемый способ позволяет получать одножильные и многожильные проводники различной формы с уменьшенными потерями при переходе от схемы промежуточного прессования к схеме промежуточной прокатки на 20%. В данном способе обеспечена также возможность сохранения при промежуточных прокатках формы поперечного сечения проводника, снижено значение полуширины текстурного максимума ниже 6°. 4 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 табл.



Фиг.1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 122 759** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁵ **H 01 B 12/00, 13/24**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 97111116/09, 07.07.1997

(46) Date of publication: 27.11.1998

(71) Applicant:
 Gosudarstvennyj nauchnyj tsentr RF
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
 institut neorganicheskikh materialov
 im.akad.A.A.Bochvara

(72) Inventor: Shikov A.K.,
 Akimov I.I., Popov F.V., Filichev D.A., Dokman
 O.V.

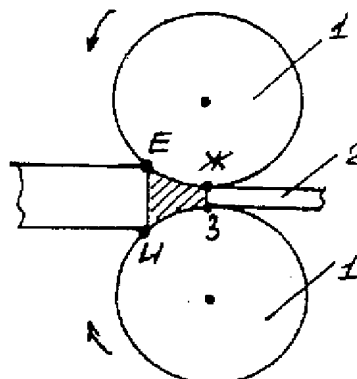
(73) Proprietor:
 Gosudarstvennyj nauchnyj tsentr RF
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
 institut neorganicheskikh materialov
 im.akad.A.A.Bochvara

(54) **METHOD FOR PRODUCTION OF HIGH-TEMPERATURE CONDUCTORS**

(57) **Abstract:**

FIELD: electrical engineering, in particular, methods for production of long-length metal-ceramics composite single or multiple conductors for electric equipment. **SUBSTANCE:** method involves deformation of metal-ceramics composite article and high-temperature processing in several stages with intermediate deformations between high-temperature processing stages which are performed on long-length conductors by means of bowl rolling using rollers which are made from flexible material, for example, polyurethane. Rollers are mounted to achieve ratio of contact region of conductor jacket and rollers surface which is parallel to rolling plane of conductors of different shape within range of 25-85, in particular, 45-50 for flat conductors; 30-80 for round conductors. Contact area of conductor jacket and surface of rollers is increased due to extended length of this region parallel to rolling plane up to 2-22 mm. **EFFECT:** possibility to make single and multiple conductors of various shapes with decreased

by 20% losses with respect to intermediate pressing method; possibility to keep shape of conductor section during intermediate rolling stages, decreased level of half width of texture maximum down to 6 degrees. 5 cl, 4 dwg, 1 tbl



Фиг.1

Изобретение относится к области технической сверхпроводимости, в частности к технологии получения длинномерных металлокерамических композиционных одножильных и многожильных проводников на основе высокотемпературных сверхпроводящих соединений, предназначенных для создания электротехнических изделий.

Проводники на основе высокотемпературных сверхпроводящих соединений получают методом "порошок в трубе", заключающимся в получении металлокерамической композиционной заготовки, например, путем заполнения металлической оболочки (трубы) порошком высокотемпературного сверхпроводящего соединения или полуфабриката, деформации (волочением, прокаткой) полученной заготовки с получением проводника требуемой формы (размера) и высокотемпературной термообработки. Высокотемпературная термообработка проводится для образования в середине сверхпроводящей фазы требуемого состава, например Bi-2223, без дефектов структуры (трещин, пор и т.д.), снижающих критические свойства, например J_k -плотность критического тока. Так как фазообразование Bi-2223 происходит с увеличением объема [1], высокотемпературная термообработка проводится в несколько стадий с промежуточными прессованиями (на коротких проводниках длиной около 20 мм) и промежуточными прокатками (на длинномерных проводниках - десятки метров и более) между стадиями. В процессе промежуточных прессований и промежуточных прокаток происходит уплотнение керамической сердцевины, увеличившейся в объеме на предшествующей стадии высокотемпературной термообработки.

Очевидно, что при прессовании и прокатке схемы напряженного состояния в области деформирования различны [2, 3], что приводит к различию свойств проводников. При использовании промежуточных прессований удается добиться более высоких критических свойств проводников, так как трещины, образующиеся в керамической сердцевине проводника при любой деформации, в случае прессования - короткие, не раскрытые и хорошо "залечиваются" на последующих стадиях высокотемпературной термообработки. Однако проводить прессования на образцах, длина которых составляет десятки метров и более, нецелесообразно, поэтому в настоящее время для промежуточных деформаций длинномерных образцов используют прокатку в металлических валках, аналогичную прокатке, применяемой при деформации заготовки, необходимой для получения проводника требуемой формы и размера.

Наиболее близким к предлагаемому техническому решению является способ [4] - прототип, включающий деформацию металлокерамической композиционной заготовки и высокотемпературную термообработку в две стадии с промежуточной прокаткой (на длинномерных проводниках) и промежуточным прессованием (на коротких проводниках) между стадиями.

Промежуточная прокатка между стадиями проводится в тех же валках, что и деформация металлокерамической композиционной заготовки, то есть в гладких металлических валках.

На фиг. 1 представлена схема прокатки в металлических цилиндрических валках (прототип): 1 - металлические валки, 2 - длинномерный проводник. Геометрическая область деформирования при прокатке в металлических валках ЕЖ/И представлена схемой сечения, нормального к оси валков. Длина дуги ЕЖ - протяженность контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков. Из рисунка видно, что при прокатке в металлических валках практически отсутствует часть контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, - практически эта зона представлена точками Ж и З.

На фиг. 2 представлена схема прессования: 1 - пуансоны, 2 - короткий проводник. Геометрическая область деформирования при прессовании ABCD представлена схемой сечения, параллельного оси прессования. Длина отрезка АВ - протяженность контактной зоны пуансона и оболочки проводника. Из рисунка видно, что контактная зона оболочки проводника и поверхности пуансонов параллельна плоскости прессования.

Основным недостатком данного способа является недостаток, присущий всем способам, осуществляемым с использованием на длинномерных проводниках промежуточных прокаток, то есть всем способам получения длинномерных проводников со многостадийной высокотемпературной термообработкой - значительное падение (60% - способ-прототип) J_k при переходе от промежуточных прессований к промежуточным прокаткам, связанное с отличием области деформирования при прокатке от области деформирования, присущей процессу прессования (фиг. 1 и 2), следовательно, и различие в схемах напряженного состояния в областях деформирования и, как следствие, различие критических свойств проводников. На прессованных образцах они значительно выше. Понижение критических свойств, например J_k , связано с образованием в процессе прокатки в керамической сердцевине крупных раскрытых трещин, которые не всегда удается "залечить" при последующей высокотемпературной термообработке. При прессовании, как отмечалось выше, образуются короткие и не раскрытые трещины, которые хорошо "залечиваются" на последующей стадии высокотемпературной обработки. Кроме того, использование на стадиях промежуточных прокаток валков, применяемых на стадии деформации композиционной металлокерамической заготовки (гладких металлических валков), степень деформации около 30% за проход (способ-прототип), при которой происходит близкая к требуемой укладка кристаллитов при минимальном трещинообразовании, происходит деформация металлической оболочки проводника. Однако при промежуточных прокатках нет необходимости деформировать

оболочку, так как проводник требуемых размеров возможно получить до высокотемпературной термообработки, на стадии деформации металлокерамической композиционной заготовки. При промежуточных прокатках оболочку вынуждены деформировать, так как при степенях деформации $< 30\%$ создаются условия, благоприятствующие изменению макроструктуры керамической сердцевины с образованием раскрытых трещин такой величины, которые невозможно "залечить" в дальнейшем, что приводит к резкому падению J_K вплоть до нулевых значений.

Одним из основных размеров валков является диаметр бочки валка. Если увеличивать диаметр бочки валков, то при постоянном обжатии наблюдается рост протяженности области деформирования. Очевидно, что если диаметр бочки валка увеличивать до бесконечности, то область деформации по форме будет максимально возможно приближаться к области деформации, характерной для процесса прессования. Однако значительное увеличение диаметра валков приводит к увеличению усилия прокатки, при котором не исключено раскрытие проводника с выходом керамической сердцевины на его поверхность.

Из вышеизложенного можно заключить, что при промежуточных прокатках необходимо добиться максимально возможного приближения области деформации при прокатке к области деформации при прессовании, однако не за счет увеличения диаметра бочки валков.

Кроме того, недостатком способа-прототипа является невозможность сохранения при промежуточной прокатке формы, например, круглых проводников. Так как при промежуточной прокатке в гладких металлических валках будет происходить деформация оболочки и при использовании на входе валков проводника круглого поперечного сечения на выходе будет получен проводник прямоугольного поперечного сечения, если не использовать специальный инструмент для прокатки. Таким инструментом могут быть, например, калиброванные валки, изготовление которых для прокатки проводов круглого поперечного сечения диаметром 0,1-3 мм на существующем в настоящее время оборудовании затруднительно, а при уменьшении калибров до десятых долей миллиметра - практически невозможно.

Технической задачей данного изобретения является уменьшение потерь J_K при переходе от проводников, полученных с использованием промежуточных прессований, к проводникам, полученным с использованием промежуточных прокаток, на 20% за счет максимально возможного приближения области деформации при прокатке проводников к области деформации, характерной для процесса прессования проводников, обеспечение возможности сохранения после промежуточной прокатки в гладких валках формы проводников, то есть из проводников круглого поперечного сечения (или другого) до промежуточной прокатки - получение проводников также круглого поперечного сечения (или другого) после промежуточной прокатки, а также

обеспечение требуемой укладки кристаллитов в керамической сердцевине - уменьшение полуширины текстурного максимума ниже 6° .

Поставленная задача решается тем, что в способе - прототипе, включающем деформацию металлокерамической композиционной заготовки и высокотемпературную термообработку в несколько стадий с промежуточными деформациями между стадиями, промежуточные деформации длинномерных проводников проводят прокаткой в валках, выполненных из упругого материала, при этом валки устанавливают так, чтобы была сформирована часть контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельная плоскости прокатки, а отношение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки (S_a), к площади поперечного сечения проводников (S_n) различной формы (например, плоских, круглых и других) после деформации металлокерамической композиционной заготовки составляло $S_a/S_n=25-85$, причем для плоского проводника так, чтобы это отношение составляло $S_a/S_n=45-50$, а круглого так, чтобы это отношение составляло $S_a/S_n=30-80$. При этом в качестве упругого материала используют, например, полиуретан.

Следует отметить, что в предлагаемом способе протяженность контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, колеблется от 2 до 22 мм, в способе-прототипе (и других способах, где используется прокатка в гладких металлических валках) протяженность этой зоны - лишь точка касания валков и оболочки проводника. За площадь части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, принимали протяженность этой зоны, умноженную на периметр поперечного сечения проводника.

На фиг. 3 представлена схема прокатки по предлагаемому способу в валках из упругого материала, например полиуретана: 1 - валки из упругого материала, 2 - длинномерный проводник. Геометрическая область деформирования при прокатке в валках из упругого материала КЛМНОП представлена схемой сечения, нормального к оси валков. Из рисунка видно, что при прокатке в таких валках часть области деформирования параллельна плоскости прокатки ЛМНО. Длина КЛМ - протяженность контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, ЛМ - протяженность части контактной зоны, параллельной плоскости прокатки. Следует отметить, что при протяженности ЛМ от 2 до 22 мм и толщинах проводников от 0,1 до 1 мм (диаметрах проводников от 0,1 до 3 мм) длина дуги КЛ несоизмеримо мала по сравнению с длиной ЛМ, то есть при используемых размерах проводников область деформации прокатанных проводников максимально возможно приближается к области деформации прессованных проводников.

На фиг. 4 представлена схема изменения геометрии поперечного сечения одножильных плоских проводников в процессе термообработки и промежуточных прокаток в

валках из упругого материала и в валках из металла: 1 - исходное состояние, 2 - после термообработки, например первой ее стадии, 3 - после промежуточной прокатки в валках из упругого материала, 4 - после промежуточной прокатки в металлических валках (S_1, S_2, S_3, S_4 - площадь поперечного сечения керамической сердцевинки соответственно). Как отмечалось выше, после первой стадии термообработки происходит увеличение керамики в объеме ($S_2 > S_1$). После промежуточной прокатки в металлических валках со степенью деформации за проход около 30% происходит изменение геометрии поперечного сечения (как оболочки, так и керамической сердцевинки), связанное с уширением проводника, при этом площадь керамики S_2 уменьшается до значений S_4 , близких к S_1 . При промежуточной прокатке в валках из упругого материала не наблюдается таких изменений геометрии поперечного сечения проводника - происходит лишь уплотнение керамической сердцевинки ($S_3 < S_1$) и, очевидное в этом случае, уточнение проводника в его центральной части. То есть деформация оболочки практически отсутствует, а происходит лишь требуемое уплотнение керамической сердцевинки, увеличившейся в объеме на предшествующей стадии высокотемпературной термообработки. Так как деформации оболочки практически не происходит, то при использовании предложенного способа промежуточной прокаткой удается уплотнить керамическую сердцевину проводников с различной формой поперечного сечения с сохранением этой формы.

Увеличение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, (за счет увеличения ее протяженности) при использовании валков из упругого материала, например полиуретана, привело к появлению нового технического результата - уменьшению потерь J_k с 60% до 40% (то есть на 20%) при переходе от проводников, полученных прессованием, к проводникам, полученным прокаткой. Кроме того, на проводниках, полученных по предлагаемому способу, удалось добиться минимальных значений полуширины текстурного максимума (характеризующего степень разориентации кристаллитов в керамической сердцевине - чем меньше это значение, тем большее число кристаллитов керамики расположено в направлении оси, параллельной направлению протекания тока) - $5,6^\circ$. Для сравнения на проводниках, промежуточные прокатки которых проведены в металлических валках, величина полуширины текстурного максимума колеблется от 8 до 12° . Помимо этого, после промежуточных прокаток удалось сохранить исходную геометрию поперечного сечения проводников.

Следует отметить, что в настоящее время практически невозможно добиться одинаковых свойств на проводниках, полученных с использованием промежуточных прессований, и проводниках, полученных с использованием промежуточных прокаток, так как первые - это короткие образцы, а вторые - длинномерные, и по мере увеличения длины проводника на критические свойства начинают помимо

условий промежуточных деформаций сказываться другие факторы, например неоднородность керамического порошка по длине проводника и т.д.

Пример осуществления.

Одножильные и многожильные длинномерные (около 50 м) и короткие (около 20 мм) проводники прямоугольного поперечного сечения толщиной 0,1-1 мм и шириной 1-10 мм и круглого поперечного сечения диаметром 0,1-3 мм на основе Bi-2223 в металлической оболочке получали методом "порошок в трубе" и подвергали высокотемпературной термообработке при температуре 840°C в несколько стадий в течение общего времени 200 часов с промежуточными деформациями между стадиями высокотемпературной термообработки. Промежуточные деформации на коротких образцах проводили прессованием на гидравлическом прессе Sach & Crimm типа PYE-63 при давлении на образец 1 ГПа. Промежуточные прокатки проводили в стане VEB типа Kammwalzengehebe, кварто. Прокатный стан рассчитан на диаметр рабочих валков 40 мм (металлические валки), диаметр опорных валков составляет 150 мм. Для увеличения протяженности контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков за счет увеличения протяженности ее части, параллельной плоскости прокатки, металлические валки были заменены на валки из полиуретана диаметром 48 мм (длина валков из полиуретана и металлических валков одинакова), при этом протяженность части контактной зоны, параллельной плоскости прокатки, варьировалась от 0,1 до 28 мм за счет сжатия валков. Была определена оптимальная протяженность контактной зоны (1), параллельной плоскости прокатки, которая составила 2-22 мм. При протяженности этой зоны меньше 2 мм падение J_k на образцах проводников при переходе от схемы промежуточного прессования к схеме промежуточной прокатки составило 58-60%, то есть на уровне способа-прототипа, а при увеличении ее протяженности более 22 мм происходил разрыв проводника. При используемых толщинах и диаметрах проводника отношение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, (S_3) к площади поперечного сечения проводников (S_n) составило:

для плоских проводников (прямоугольного поперечного сечения) за площадь части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, (S_3) принимали протяженность этой зоны (1), умноженную на периметр поперечного сечения проводника

($P_{\text{прямоуг.}}$), $S_3 = l \cdot P_{\text{прямоуг.}}$,

где

$P_{\text{прямоуг.}} = (a+b) \cdot 2$;

a - толщина проводника, мм;

b - ширина проводника, мм,

следовательно,

$S_3 = 2 \cdot ((0,1+1) \cdot 2) - 22 \cdot ((1+10) \cdot 2) = 4,4-484$

(мм²).

для плоского проводника площадь поперечного сечения

$S_n = a \cdot b = 0,1 \cdot 1 \cdot 10 = 0,1-10$ (мм²),

где

a - толщина проводника, мм;

b - ширина проводника, мм,

таким образом,

$$S_2/S_n = 4,4/0,1 \cdot 484/10 = 44 \cdot 48,4 \approx 45 \cdot 50,$$

для круглых проводников (круглого поперечного сечения) за площадь части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, (S_2) принимали протяженность этой зоны (l), умноженную на периметр поперечного сечения проводника ($P_{\text{кругл.}}$).

$$S_2 = l \cdot P_{\text{кругл.}}$$

где

$$P_{\text{кругл.}} = 2\pi r;$$

r - радиус проводника, мм;

$$S_2 = 2 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 0,1/2) \cdot 22 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 3/2) =$$

$$0,63 \cdot 207,24,$$

для круглого проводника площадь поперечного сечения

$$S_n = \pi r^2 = 3,14 \cdot (0,1/2)^2 = 3,14 \cdot (3/2)^2$$

$$= 0,008 \cdot 7,065,$$

где

r - радиус проводника, мм,

таким образом,

$$S_2/S_n = 0,63/0,008 \cdot 207,24/7,065 = 80 \cdot 30.$$

В таблице представлен процент падения критической плотности тока при переходе от схемы прессования к схеме прокатки в предлагаемом способе и способе-прототипе.

Из представленных данных видно, что использование предлагаемого способа позволяет уменьшить потери J_k при переходе от промежуточного прессования к промежуточной прокатке проводников на 20%, что характеризует преимущество предложенного способа по отношению к прототипу. Кроме того, измерения показали, что толщина металлической оболочки при промежуточной прокатке в предлагаемых условиях практически не изменяется, то есть происходит не деформация оболочки (как в способе-прототипе), а лишь необходимое уплотнение керамической сердцевины, что позволяет добиться значения полуширины текстурного максимума 5,6°. Для сравнения на проводниках, промежуточные прокатки которых проводились в металлических валках, полуширина текстурного максимума колебалась от 8 до 12 градусов. То есть проведение промежуточных прокаток предложенным способом позволяет "уложить" кристаллиты керамики в более предпочтительном (для протекания тока) направлении, чем при проведении этих операций в металлических валках. Измерения толщин плоских проводников до высокотемпературной термообработки сразу после первой ее стадии и после промежуточной прокатки в полиуретановых валках показали, что увеличение толщины проводника до 10% после высокотемпературной термообработки за счет увеличения в объеме керамической сердцевины полностью невелируется промежуточной прокаткой в валках из упругого материала, при этом средняя толщина проводника после промежуточной прокатки по отношению к исходной толщине до термообработки изменяется незначительно. Из фиг. 4, где представлена схема изменения геометрии поперечного сечения одножильных плоских проводников в процессе термообработки и промежуточных

прокаток в валках из упругого материала и в валках из металла, видно, что в центральной части поперечного сечения, где было увеличение толщины проводника после термообработки (поз. 2), после промежуточной прокатки в валках из упругого материала (поз. 3) наблюдается уменьшение толщины по сравнению с исходной (поз. 1). Это изменение связано с большим (по отношению к исходному, до термообработки) уплотнением керамической сердцевины, то есть в процессе промежуточной прокатки в валках из упругого материала происходит только требуемое уплотнение керамической сердцевины без значительного изменения геометрии поперечного сечения проводника.

Источники информации

1. Б. Я. Сухаревский, И. В. Жихарев, И. П. Величко и др. Рентгеновские исследования кинетики синтеза Bi-2223. Сверхпроводимость: физика, химия, техника, том 7, N 7, 1994 г., стр. 1298-1305.

2. И. К. Суворов. Обработка металлов давлением, М., Высшая школа, изд. 3, 1980 г., 968 стр.

3. А. И. Целиков, А. И. Гришков. Теория прокатки, М., Металлургия, 1970 г., 358 стр.

4. P. Haldar, L. Motowidlo. Processing Higt Critical Current Density Bi-2223 Wires and Tapes. The Journal of The Minerals Metals & Materials Society, Vol. 44, N 10, Oktober 1992, p. 54-58 - прототип.

Формула изобретения:

1. Способ получения высокотемпературных проводников, включающий деформацию металллокерамической композиционной заготовки и высокотемпературную термообработку в несколько стадий с промежуточными деформациями между стадиями, отличающийся тем, что промежуточные деформации длинномерных проводников проводят прокаткой в валках, выполненных из упругого материала, при этом валки устанавливают так, чтобы была сформирована часть контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельная плоскости прокатки.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что валки устанавливают так, чтобы отношение площади частот контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, к площади поперечного сечения проводников после деформации металллокерамической композиционной заготовки составляло 25 °С 85.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что валки устанавливают таким образом, чтобы отношение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, к площади поперечного сечения плоского проводника после деформации металллокерамической композиционной заготовки составляло 45 °С 50.

4. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что валки устанавливают таким образом, чтобы отношение площади части контактной зоны оболочки проводника и поверхности валков, параллельной плоскости прокатки, к площади поперечного сечения круглого проводника после деформации металллокерамической композиционной

заготовки составляло 30 °С 80.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что в

качестве упругого материала используют
полиуретан.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

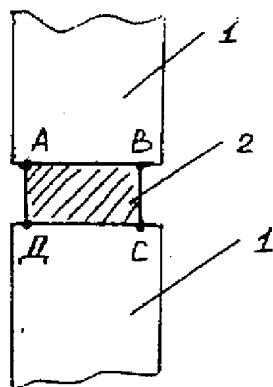
-7-

RU 2122759 C1

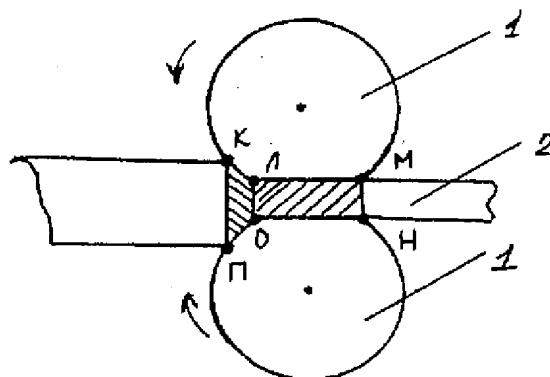
RU 2122759 C1

Сравнительная характеристика способов

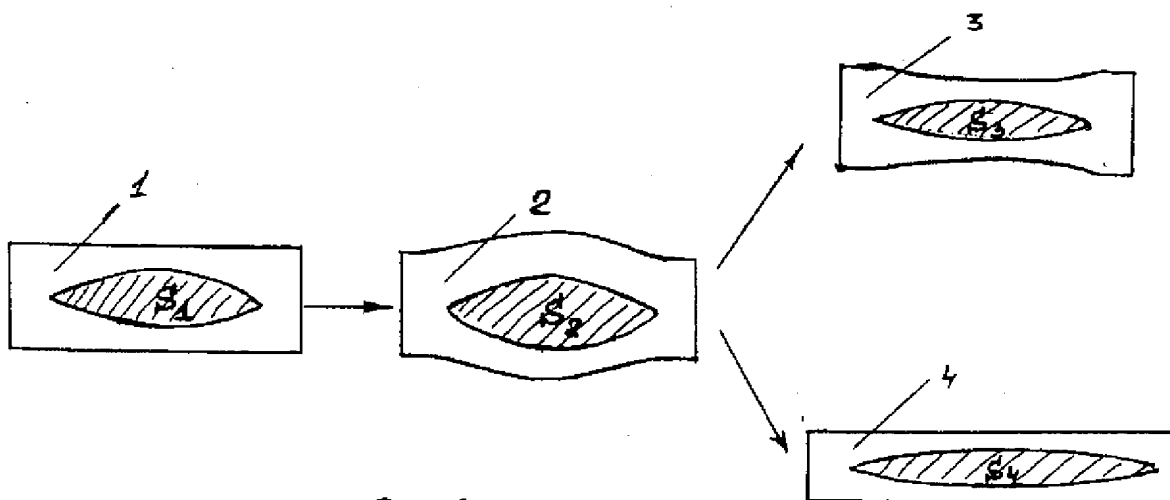
Характеристика проводников	Способ-прототип	Предлагаемый способ
Падение J_k на образцах при переходе от прессования к прокатке, %	60	40



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4